

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

【0001】 本発明は、半導体集積回路、液晶表示素子、撮像素子、薄膜磁気ヘッド、その他のデバイス等の製造に用いられる露光装置及び露光方法に関し、特にマスクと基板とを同期走査させつつ、マスクに形成されたパターンの像を基板に露光する露光装置及び露光方法に関する。

2. Description of the Related Art

【0002】 半導体集積回路、液晶表示素子、撮像素子、薄膜磁気ヘッド、その他のデバイス等の製造においては、露光装置を用いてフォトマスクやレチクル（以下、これらを総称する場合にはマスクと称する）に形成された微細なパターンの像を投影光学系を介してフォトリジスト等の感光剤が塗布された半導体ウエハやガラスプレート等の基板上に転写することが繰り返行われる。

【0003】 半導体集積回路の製造においては、基板を二次元的に移動自在な基板ステージ上に載置し、この基板ステージにより基板を歩進（ステッピング）させて、レチクルのパターンの像を基板上の各ショット領域に順次露光転写する動作を繰り返す、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型の露光装置（いわゆるステッパー）が使用されている。

【0004】 また、近年においては、基板の面積化及びパターンの微細化に伴い、基板を載置した基板ステージと、露光すべきパターンが形成されたレチクルを載置したレチクルステージとを互いに同期移動させつつ、レチクルに形成されたパターンの像を基板に転写するステップ・アンド・スキャン方式の露光装置が用いられるようになってきた。

【0005】 ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置を用いて露光処理を行う場合であっても、ステッパーと同様に、既にパターンが形成された基板上に

フォトリソ等感光剤を塗布して、異なるパターンを露光することが繰り返行われる。よって、基板と投影されるレチクルに形成されたパターンとの相対位置を高い精度をもって計測し、更に、露光時における基板とレチクルとの相対位置を精密に合わせる必要がある。特に、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置においては、露光開始時点におけるレチクルと基板との相対位置及び走査速度を正確に制御する必要がある。

〔0006〕 ところで、デバイスの製造においては、製造コストの低減等を図るため、露光装置で単位時間に処理することのできる基板の枚数（スループット）を向上させることが要求される。上述したステップ・アンド・スキャン方式の露光装置は、レチクルと基板とを同期走査させて露光を行っているが、スループット向上のためには、露光時におけるレチクルステージと基板ステージとの走査速度を向上させる必要がある。

〔0007〕 ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置は、露光時には、レチクルステージと基板ステージとを一定の速度で移動するため、走査開始時点においては静止した状態から一定の走査速度までレチクルステージ及び基板ステージを加速させなければならず、走査終了時点においては一定の走査速度で移動しているレチクルステージ及び基板ステージを減速して静止させなければならない。スループット向上のためには、レチクルステージ及び基板ステージの走査速度を高くする必要があるが、この走査速度が高くなるとレチクルステージの加減速時における加速度の値も高くする必要がある。さらに、基板上の1つのショット領域の走査露光終了後であって次のショット領域の走査露光前では、走査露光時に基板が移動される走査方向に関する速度成分が零となる前に、走査方向と直交する非走査方向への基板の移動（ステッピング動作）を開始するとともに、そのステッピング動作が完了する、即ち非走査方向に関する基板の速度成分が零となる前に、走査方向への基板の加速を開始するように基板の移動が制御される。このため、ショット領域間での基板の移動時間が短縮されるので、これに対応してレチクルステージの加減速期間の短縮、即ち加速度を高くすることが要求されるようになっている。

〔0008〕 ステージが移動すると基板やレチクル等の載置物の位置がずれる

ことが考えられるが、これを防止するためにステップ・アンド・スキャン方式の露光装置では、レチクルはレチクルステージ上に負圧吸着された状態で保持され、基板は基板ステージ上に負圧吸着された状態で保持される。よって、レチクル又は基板に加速又は減速により走査方向又はその反対方向にある程度の力が加わっても、レチクルステージ上におけるレチクルの位置又は基板ステージ上における基板の位置がずれることはない。

[0009] しかしながら、レチクルステージ又は基板ステージの加速時及び減速時における加速度の値を高くすると、レチクル及び基板を吸着保持していてもその位置がずれる可能性がある。基板はほぼ底面の全面が基板ステージに真空吸着されるため吸着力を比較的高くすることができるが、レチクルは合成石英などのガラスプレート的一面にパターンが形成され、レチクルを透過した露光用の照明光が基板上に投射されるので、レチクルステージではレチクルの底面（パターン形成面）の周辺部のみを吸着することしかできない。

[0010] また、投影倍率が $1/\beta$ （ β は例えば4、5、6等）である縮小投影型の投影光学系を備える場合には、レチクルステージの走査速度を基板ステージの走査速度の β 倍に設定しなければならない。よって、その分レチクルステージの加減速時の加速度を基板ステージのそれよりも高く設定しなければならない。以上から、走査速度を高くすると、レチクルの位置ずれが生ずる可能性が高くなる。レチクルの位置ずれが生ずると、レチクルと基板との相対位置がずれた状態でレチクルに形成されたパターンの像が基板に転写されるため、製造されるデバイスが所期の性能を発揮しない不良品になるおそれがある。特に、微細なパターンが形成されるデバイスを製造する際には、僅かな位置ずれで不良品となることが考えられる。

[0011] さらに、基板の露光時以外、例えばレチクルのアライメント時又は交換時、あるいはアライメント位置から露光位置（加速開始位置）にレチクルを移動する場合などでも、レチクルステージの加速度が高いと、前述と同様にレチクルの位置ずれが発生して基板とのアライメント精度などが低下するという問題がある。

[illegible]

【００１５】 上記課題を解決するために、本発明の第２の観点によると、パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光装置において、前記マスクを保持して移動するステージと、前記ステージの加速度に関連する情報を検出する加速度検出装置と、前記ステージ上の前記マスクの姿勢を検出する姿勢検出装置と、前記加速度検出装置により検出された情報に基づく該ステージの加速度が、予め求められた前記マスクに位置ずれが生じない前記ステージの加速度の範囲外となった場合に、前記姿勢検出装置による検出を実施し、該マスクに位置ずれが

生じたと判断した場合に、その旨をオペレータに通知する処理を行う制御装置とを備えたことを特徴とする露光装置が提供される。

〔0016〕 この発明によれば、加速度検出装置により検出された情報に基づくステージの加速度がマスクに位置ずれが生じない加速度の範囲外となったときに、姿勢検出装置を用いてマスクの姿勢を検出し、姿勢検出装置の検出結果によりマスクの位置ずれが検出された場合には、その旨がオペレータに通知されるため、マスクの位置ずれが生じたまま露光処理が進行して不良品を生じさせるおそれがない。

〔0017〕 また、マスクの位置ずれが生ずる加速度の範囲は、マスクの位置ずれが生じない加速度の範囲と明確に区分されているわけではなく、例えば、温度や湿度等の周囲の状況に応じて加速度が同じであってもマスクの位置ずれが生じたり生じなかったりする加速度の範囲がある。高スループットを実現するために位置ずれが全く生じない範囲でステージの移動を行うのではなく、マスクが移動する可能性があってもステージの加速度を高めたいという要求もあると考えられる。本発明を適用することにより、かかる要求にも応えることができる。仮に、加速度を高く設定し過ぎてマスクの位置ずれが生じた場合であっても、位置ずれが生じたまま露光処理が進行することを防止できる。

〔0018〕 上記第2の観点による露光装置において、前記ステージ上の前記マスクと前記基板との相対位置関係（例えば、マスク又は基板の姿勢など）を調整する姿勢調整装置をさらに設け、前記制御装置が前記マスクに位置ずれが生じたと判断した場合に、前記姿勢調整装置により該位置ずれを相殺するように該マスクと該基板との相対位置関係を調整するようにできる。マスクに位置ずれが生じたと判断したときに、制御装置が姿勢調整装置により位置ずれを相殺するようにマスクと基板との相対位置関係を調整しているので、マスクの位置ずれが生じても自動的にそのずれが修正されるため、高スループットを図る上で好ましい。

〔0019〕 上記第1の観点及び第2の観点による露光装置において、前記加速度の範囲を、前記ステージの加速度を段階的に増大又は減少させつつ、前記マスクの位置ずれの検出を繰り返すことにより試行錯誤的に導出するようにできる。

〔００２０〕 上記第１の観点及び第２の観点による露光装置において、前記加速度の範囲の導出を、前記露光装置の起動時及び前記マスクの交換時の少なくとも一方において実施するようにできる。

〔００２１〕 上記第１の観点及び第２の観点による露光装置において、前記ステージの前記加速度の範囲が記憶される記憶装置をさらに設けることができる。

〔００２２〕 上記第１の観点及び第２の観点による露光装置において、前記ステージによる前記マスクの吸着能力に関する情報を検出するセンサをさらに設け、前記制御装置により、前記出された情報に従って前記加速度の範囲を変更するようにしてもよい。この場合のセンサとしては、吸着能力（真空圧力）を測定する真空センサなどを採用することができる。

〔００２３〕 上記課題を解決するために、本発明の第３の観点によると、パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光方法において、前記マスク又は前記基板を保持して移動するステージの加減速によって該マスク又は該基板に位置ずれが生じない該ステージの加速度の範囲を予め求めておき、前記加速度の範囲内で前記ステージの移動を制御しながら露光することを特徴とする露光方法が提供される。

〔００２４〕 この発明によれば、上記第１の観点による露光装置と同様に、露光を行うときにマスク又は基板の位置ずれを生じさせずに高スループットで露光を行うことができる。

〔００２５〕 上記課題を解決するために、本発明の第４の観点によると、パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光方法において、前記マスク又は前記基板を保持して移動するステージの加減速によって該マスク又は該基板に位置ずれが生じない該ステージの加速度の範囲を予め求めておき、前記ステージの加速度に関連する情報を検出して該情報に基づく該ステージの加速度が前記加速度の範囲外となった場合に前記マスク又は前記基板の位置ずれの有無を検出し、前記マスク又は前記基板に位置ずれが生じていると判断した場合に、該位置ずれを相殺するように該マスクと該基板との相対位置関係（例えば、マスク又は基板の姿勢など）を調整することを特徴とする露光方法が提供される。

〔００２６〕 この発明によれば、上記第２の観点による露光装置と同様に、マ

スク又は基板に位置ずれが生じたと判断したときに、該位置ずれを相殺するようにマスクと基板との相対位置関係を調整しているので、マスク又は基板の位置ずれが生じてても自動的にそのずれが修正されるため高スループットを図る上で好ましい。

【0027】 本発明の第4の観点による露光方法において、前記マスク又は前記基板に位置ずれが生じていると判断した場合に、その旨をオペレータに通知する処理を行うようにできる。加速度検出装置により検出された加速度がマスク又は基板に位置ずれが生じない加速度の範囲外となったときに、マスク又は基板の姿勢を検出し、該マスク又は該基板の位置ずれが検出された場合には、その旨がオペレータに通知されるため、マスク又は基板の位置ずれが生じたまま露光処理が進行して不良品を生じさせるおそれがない。

【００２８】 上記第３の観点及び第４の観点による露光方法において、前記ステージによる前記マスクの吸着能力に関する情報を検出し、当該検出された情報に従って前記加速度の範囲を変更するようにしてもよい。

【００２９】 なお、本発明で「マスク又は基板に位置ずれが生じない」とは、その位置ずれ量が完全に零である場合だけでなく、実質的に零とみなせる場合、例えばデバイス製造工程で精度上無視できる所定量以下である場合なども含まれる。

【００３０】 また、「位置ずれが生じないステージの加速度」とは、その上限値または範囲などがステージによるマスクまたは基板の保持力（吸着力）に応じて異なるものであり、例えば環境または経時的な要因などによって吸着力が変動する、あるいはその吸着力を可変とするステージでは加速度の上限値またはその範囲も変化することになる。従って、加速度の上限値またはその範囲は、ステージの吸着力の最大値に対応して定めてもよいが、実際の吸着能力に対応して定めることが望ましい。さらに、「加速度検出装置」は加速度計、振動センサ、あるいはステージの位置情報を検出するレーザ干渉計など、加速度を直接または間接に計測する装置に限られるものではなく、例えばステージを駆動する駆動系に駆動指令を与える制御系など、加速度に関連する情報を格納または生成する装置などを含むものである。このとき、加速度そのものでなく速度など、他の関連情報

を検出してもよい。

【0031】 本発明の第5の観点に係る露光装置は、パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光装置において、前記マスクを保持して移動するステージと、前記ステージの加速度に関連する情報を検出する加速度検出装置と、前記マスクと前記基板との相対位置関係を調整する姿勢調整装置と、前記ステージの前記加速度と前記マスクの位置ずれとの関係を示す位置ずれ情報が予め求められて記憶された記憶装置と、前記加速度検出装置により検出された情報に基づく前記ステージの加速度に対応する位置ずれ情報を前記記憶装置から抽出し、前記姿勢調整装置により当該位置ずれを相殺するように前記マスクと前記基板との相対位置関係（例えば、マスク又は基板の姿勢など）を調整する制御装置とを備えて構成される。

【0032】 本発明の第6の観点に係る露光方法は、パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光方法において、前記マスク又は前記基板を保持して移動するステージの加減速によって該マスク又は該基板に生じる位置ずれを示す位置ずれ情報を該加速度との関係において予め求めておき、前記ステージの加速度に関連する情報を検出し、検出された情報に基づく前記ステージの加速度に対応する位置ずれ情報に基づいて、当該位置ずれを相殺するように前記マスクと前記基板との相対位置関係（例えば、マスク又は基板の姿勢など）を調整して露光するようにした露光方法である。

【0033】 本発明の第7の観点に係る露光装置は、パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光装置において、前記マスクを保持するステージと、前記ステージの加速度に関連する情報を検出する検出装置と、前記検出された情報に応じて前記露光時における前記マスクと前記基板との相対位置関係（例えば、マスク又は基板の姿勢など）を調整する調整装置とを備えて構成される。

【0034】 本発明の第8の観点に係る露光装置は、パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光装置において、前記マスクを保持するステージと、前記ステージの加速度に関連する情報を検出する検出装置と、前記ステージの移動によって前記マスクの位置ずれが生じたとき、前記検出された情報に基づいて前記位置ずれに起因して生じる露光エラーの回復動作と前記露光エラーの通

知との少なくとも一方を実行する制御装置とを備えて構成される。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

【0035】 図1は本発明の実施形態に係る露光装置の全体構成を示す図、

図2は本発明の実施形態に係る露光装置が備えるアライメント系の概略構成図、

図3A及び図3Bはレチクルアライメントで検出されるレチクルマーク及び基準マークの像並びにその光電変換信号を示す図、

図4はレチクルステージを加速させたときにレチクルの位置ずれが生じない加速度の範囲を求める処理の一例を示すフローチャート、

図5は図4に示す処理等を行って得られた加速度の大きさとレチクルの位置ずれが生ずる頻度との関係の一例を示す図、

図6は本発明の実施形態に係る露光装置の第1動作例を示すフローチャート、

図7は本発明の実施形態に係る露光装置の第2動作例を示すフローチャートである。

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

【0036】 以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。図1は、本発明の実施形態に係る露光装置の全体構成を示す図である。なお、以下の説明においては、図1中に示されたXYZ直交座標系を設定し、このXYZ直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。XYZ直交座標系は、Y軸及びZ軸が紙面に対して平行となるよう設定され、X軸が紙面に対して垂直となる方向に設定されている。図中のXYZ座標系は、実際にはXY平面が水平面に平行な面に設定され、Z軸が鉛直上方向に設定される。

【0037】 図1に示すように、本実施形態の露光装置35は、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であり、レチクルR（マスク）上のパターンの一部を投影光学系PLを介してレジストが塗布されたウエハW（基板）上に縮小投

彫した状態で、レチクルRとウエハWとを、投影光学系PLに対して同期走査させることにより、レチクルR上のパターンの縮小像を逐次ウエハWの各ショット領域に転写するようになっている。

[0038] この露光装置35は、照明光源1としてKrFエキシマレーザ（発振波長248nm）を備えている。照明光源1としては、特に限定されず、g線（波長436nm）やi線（波長365nm）などの輝線、ArFエキシマレーザ（波長193nm）、F₂レーザ（波長157nm）、Ar₂レーザ（波長126nm）、金属蒸気レーザ又は半導体レーザなどの高調波発生装置等を採用することができる。露光光源1からパルス発光されたレーザビームLBは、ビーム整形・変調光学系2へ入射する。本実施形態では、ビーム整形・変調光学系2は、ビーム整形光学系2aと、エネルギー変調器2bとから構成されている。ビーム整形光学系2aは、シリンダレンズやビームエキスパンダ等で構成され、これらにより、後続のフライアイレンズ5に効率よく入射するようにビームの断面形状が整形される。

[0039] エネルギー変調器2bは、エネルギー粗調器及びエネルギー微調器等から構成されている。エネルギー粗調器は、回転自在なレボルバ上に透過率（＝（1－減光率）×100（％））の異なる複数個のNDフィルタを配置したものであり、そのレボルバを回転することにより、入射するレーザビームLBに対する透過率を100％から複数段階で切り換えることができるようになっている。なお、そのレボルバと同様のレボルバを2段配置し、2組のNDフィルタの組み合わせによってより細かく透過率を調整できるようにしてもよい。一方、エネルギー微調器は、ダブル・グレーティング方式又は傾斜角可変の2枚の平行平板ガラスを組み合わせた方式等で、所定範囲内でレーザビームLBに対する透過率を連続的に微調整するものである。但し、このエネルギー微調器を使用する代わりに、露光光源1の出力変調によってレーザビームLBのエネルギーを微調整してもよい。

[0040] ビーム整形・変調光学系2から射出されたレーザビームLBは、光路折り曲げ用のミラーMを介してフライアイレンズ5に入射する。フライアイレンズ5は、後続のレチクルRを均一な照度分布で照明するために多数の2次光

源を形成する。なお、オブティカルインテグレータ（ホモジナイザー）としてのフライアイレンズ5を用いる代わりに、ロッドインテグレータ（内面反射型インテグレータ）あるいは回折光学素子等を採用することができる。

〔0041〕 フライアイレンズ5の射出面には照明系の開口絞り（いわゆる σ 絞り）6が配置されており、その開口絞り6内の2次光源から射出されるレーザービーム（以下、「パルス照明光IL」と呼ぶ）は、反射率が低く透過率の高いビームスプリッタ7に入射し、ビームスプリッタ7を透過したパルス照明光ILは、リレーレンズ8を介してコンデンサレンズ10へ入射する。

〔0042〕 リレーレンズ8は、第1リレーレンズ8Aと、第2リレーレンズ8Bと、これらレンズ8A、8B間に配置される固定照明視野絞り（固定レチクルブラインド）9A及び可動照明視野絞り9Bとを有する。固定照明視野絞り9Aは、矩形の開口部を有し、ビームスプリッタ7を透過したパルス照明光ILは、第1リレーレンズ8Aを経て固定照明視野絞り9Aの矩形の開口部を通過するようになっている。また、この固定照明視野絞り9Aは、レチクルRのパターン面に対する共役面の近傍に配置されている。可動照明視野絞り9Bは、走査方向の位置及び幅が可変の開口部を有し、固定照明視野絞り9Aの近傍に配置されている。走査露光の開始時及び終了時にその可動照明視野絞り9Bを介して照明視野フィールドを更に制限することによって、不要な部分（レチクルに形成されたパターンの像が転写されるウエハW上のショット領域以外）の露光が防止されるようになっている。

〔0043〕 固定照明視野絞り9A及び可動照明視野絞り9Bを通過したパルス照明光ILは、第2リレーレンズ8B及びコンデンサレンズ10を経て、ステージとしてのレチクルステージ11上に真空吸着保持されたレチクルR上の矩形の照明領域R1を均一な照度分布で照明する。レチクルR上の照明領域R1内のパターンを投影光学系PLを介して投影倍率 β （ β は例えば $1/4$ 、 $1/5$ 等）で縮小した像が、フォトリソストが塗布されたウエハW上の照明視野フィールドW1に投影露光される。このとき、レチクルステージ11は姿勢調整装置としてのレチクルステージ駆動部18により+Y軸方向に走査される。レチクルステージ11は、XY平面内において微小回転可能に構成され、その回転角はレチクル

ステージ駆動部 18 により調整される。

〔0044〕 レチクルステージ 11 の一端には移動鏡 13 が取り付けられており、移動鏡 13 の鏡面側に配置されたレーザ干渉計 16 によりレチクルステージ 11 の X 軸方向及び Y 軸方向の座標並びに XY 平面内における回転量がステージコントローラ 17 に供給され、ステージコントローラ 17 は後述する主制御系 30 の制御の下、供給された座標及び回転量に基づいて姿勢調整装置としてのレチクルステージ駆動部 18 を介して、レチクルステージ 11 の位置及び速度を制御する。図示していないが、移動鏡 13 は X 方向に沿って延びる反射面と Y 方向に沿って延びる反射面とを有するが、X 方向に沿って延びる反射面の代わりに、少なくとも 1 つのコーナーキューブ型ミラーを用いてもよい。なお、レチクルステージ 11 の端面を鏡面加工して反射面を形成し、この反射面を移動鏡 13 の代わりに用いてもよい。また、ステージコントローラ 17 は、レーザ干渉計 16 から出力される検出信号に基づいてレチクルステージ 11 の加速度を検出する。ここで、レーザ干渉計 16 とステージコントローラ 17 は、本発明におけるステージの加速度に関連する情報（以下、単に加速度と称す）を検出する検出装置をなすものである。なお、本発明の検出装置はレーザ干渉計 16 などに限られるものではなく、加速度計などいかなるものでもよい。また、本発明の検出装置は加速度の値を検出するものに限られるものではなく、加速度に対応する情報であれば何でもよい。

〔0045〕 一方、ウエハ W は、不図示のウエハホルダを介してウエハステージ 21 上に真空吸着により保持される。ウエハステージ 21 は、Z チルトステージ 19 と、Z チルトステージ 19 が載置される XY ステージ 20 とを有する。XY ステージ 20 は、X 軸方向及び Y 軸方向にウエハ W の位置決めを行うとともに、-Y 軸方向にウエハ W を移動する。Z チルトステージ 19 は、ウエハ W の Z 軸方向の位置（フォーカス位置）を調整するとともに、XY 平面に対するウエハ W の傾斜角を調整する機能を有する。また、Z チルトステージ 19 上の一端には移動鏡 14 が固定され、移動鏡 14 の鏡面側に配置されたレーザ干渉計 22 により XY ステージ 20（ウエハ W）の X 座標及び Y 座標並びに XY 面内における回転量（ヨーイング量）が計測される。これらの計測値は、ステージコントローラ 17

に供給され、ステージコントローラ 17 は、供給された座標及び回転量に基づいてウエハステージ駆動部 23 を介して XY ステージ 20 の位置及び速度を制御する。また、ステージコントローラ 17 は、レーザ干渉計 22 から出力される検出信号に基づいて XY ステージ 20 の加速度を検出する。なお、図示していないが、移動鏡 14 は X 方向に沿って延びる反射面と Y 方向に沿って延びる反射面とを有する。また、Z チルトステージ 19 の端面を鏡面加工して反射面を形成し、この反射面を移動鏡 14 の代わりに用いてもよい。さらに、レーザ干渉計 22 は X、Y 座標及びヨーイング量に加えて、YZ 面内の回転量（ピッチング量）、XZ 面内の回転量（ローリング量）、及び Z 座標（投影光学系 PL 又はこれを支持する架台と Z チルトステージ 19 との投影光学系 PL の光軸 AX に沿った Z 方向の間隔）の少なくとも 1 つを検出可能としてもよい。

〔0046〕 ステージコントローラ 17 は、装置全体を統轄制御する主制御装置としての主制御系 30 によって制御されている。そして、走査露光時には、レチクル R がレチクルステージ 11 を介して +Y 軸方向（又は -Y 軸方向）に速度 V_R で走査されるのに同期して、XY ステージ 20 を介してウエハ W は照明視野フィールド W_1 に対して -Y 軸方向（又は +Y 軸方向）に速度 $\beta \cdot V_R$ （ β はレチクル R からウエハ W に対する投影倍率）で走査される。また、制御装置 30 は、走査露光前にレチクルステージ 11 の速度が速度 V_R となるようにレチクルステージ 11 を加速させる必要があるが、このときレチクルステージ 11 上に載置されたレチクル R に位置ずれが生じない範囲でレチクルステージ 11 の移動を制御する。また、走査露光後においても、レチクルステージ 11 を静止させる必要があるが、このときもレチクルステージ 11 上に載置されたレチクル R に位置ずれが生じない範囲でレチクルステージ 11 の移動を制御する。

〔0047〕 記憶装置 31 は、レチクルステージ 11 を移動させたときにレチクル R の位置ずれが生じない加速度の範囲を記憶する。この加速度の範囲は、計算（シミュレーション）にて求めてもよいが、本例では実際にレチクル R をレチクルステージ 11 上に載置した状態でレチクルステージ 11 の加速度を段階的に変えて移動させることにより試行錯誤的に求めて記憶装置 31 に記憶させている。なお、記憶装置 31 に記憶させる加速度の範囲は、上記位置ずれが生じない加速

度の範囲、位置ずれが生ずる可能性のある加速度の範囲、及び必ず位置ずれが生ずる加速度の範囲を記憶装置 31 に記憶させておくことが好ましい。なお、以上の加速度の範囲の求め方の詳細については後述する。

【0048】 ここで、「位置ずれが生じない」とは、レチクルRが全く位置ずれしないことのみを意味するのではなく、実際には微小な位置ずれが生じているけれども実質的に位置ずれが生じていないとみなせる範囲、例えば、その状態で露光処理を実施した場合に、パターンの重ね合わせ精度などが許容範囲内となるような位置ずれの範囲が含まれる。これに対し、「位置ずれが生ずる」とは、実際には微小な位置ずれが生じているけれども実質的に位置ずれが生じていないとみなせる範囲、例えば、その状態で露光処理を実施した場合に、パターンを重ね合わせ精度などが許容範囲内となるような位置ずれの範囲は含まない。

【0049】 また、Zチルトステージ19上のウエハWの近傍には光電変換素子からなる照度むらセンサ15が常設され、照度むらセンサ15の受光面はウエハWの表面と同じ高さに設定されている。照度むらセンサ15としては、遠紫外で感度があり、且つパルス照明光ILを検出するために高い応答周波数を有するPIN型のフォトダイオード等が使用できる。照度むらセンサ15の検出信号が不図示のピークホールド回路、及びアナログ／デジタル（A/D）変換器を介して露光コントローラ26に供給されている。

【００５０】なお、ビームスプリッタ７で反射されたパルス照明光ＩＬは、集光レンズ２４を介して光電変換素子よりなるインテグレートセンサ２５で受光され、インテグレートセンサ２５の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及びＡ／Ｄ変換器を介して出力ＤＳとして露光コントローラ２６に供給される。インテグレートセンサ２５の出力ＤＳと、ウェハＷの表面上でのパルス照明光ＩＬの照度（露光量）との相関係数は予め求められて露光コントローラ２６内に記憶されている。露光コントローラ２６は、制御情報ＴＳを照明光源１に供給することによって、照明光源１の発光タイミング及び発光パワー等を制御する。露光コントローラ２６は、更にエネルギー変調器２ｂでの減光率を制御し、ステージコントローラ１７はステージ系の動作情報に同期して可動照明視野絞り９Ｂの開閉動作を制御する。

[0051] 次に、本発明の実施形態に係る露光装置が備えるアライメント系（アライメント装置）について、図2を参照して説明する。ウエハステージ21の上方において、投影光学系PLにはオフアクシス（Off-Axis）方式のウエハアライメント顕微鏡42が固定されている。一方、レチクルRの上方には、TTR（Through The Reticle）方式の一对のレチクルアライメント顕微鏡43A、43Bが配置されている。ウエハステージ21には、レチクルアライメント顕微鏡43A、43B用の基準マーク（フィジューシャル・マーク）FMA、FMB及びウエハアライメント顕微鏡42用の基準マーク41が形成された基準マーク板40が固定されている。

[0052] ウエハアライメント顕微鏡42は、ウエハW上に形成されたウエハ・アライメント・マーク（以下、ウエハマークという）WMや、基準マーク板40に形成された基準マーク41の位置を計測することができる。なお、図示は省略しているが、ウエハアライメント顕微鏡42の内部には、マークを計測する際の基準となる指標が設けられている。また、レチクルRのパターンが形成された領域（パターン領域）の外側には、レチクルアライメント顕微鏡43A、43Bによって観察可能な一对のレチクル・アライメント・マーク（以下、レチクルマークという）RMA、RMBが形成されている。これらとウエハステージ21上の基準マーク板40に形成されている一对の基準マークFMA、FMBとを同時に観察することで、レチクルRのレチクルマークRMA、RMBと、ウエハステージ21上の基準マークFMA、FMBとの位置合わせを行うことができる。なお、図示していないが、レチクルステージ11にも基準マークが形成され、レチクルアライメント顕微鏡43A、43Bなどによってこの基準マークも検出される。

[0053] ウエハステージ21上の基準マーク板40に形成されたレチクルアライメント顕微鏡用の基準マークFMA、FMBと、ウエハアライメント顕微鏡用の基準マーク41との位置関係は、予め正確に計測されて、記憶保持されている。レチクルアライメント顕微鏡43Aとレチクルアライメント顕微鏡43Bの構成は同一の構成である。これらレチクルアライメント顕微鏡43A、43Bは本発明にいう姿勢検出装置に相当するものであり、上述したレチクルマークR

MA, RMBとウエハステージ21上の基準マークFMA, FMBとの位置合わせを行う以外に、レチクルステージ11を加速又は減速させたときに生ずるレチクルRのX軸方向の位置ずれ、Y軸方向の位置ずれ、及びXY面内におけるレチクルRの回転量を含めたレチクルRの姿勢を検出する目的で用いられる。

〔0054〕 図3A及び図3Bは、レチクルアライメント顕微鏡43A, 43Bで検出されるレチクルマーク及び基準マークの像並びにその光電変換信号を示す図である。これらレチクルマークRMAや基準マークFMAの具体的な形状は、特に限定されないが、同図に示すように、2次元方向に位置ずれ量を検知することができるようなマークの組み合わせであることが好ましい。図3Aには、矩形形状のレチクルマークRMAが、四方に配置されたストライプ状の基準マークFMAの内側に配置される例が示されている。また、図3Bには、相互に垂直なストライプが十字形に形成してある基準マークFMAが内側に配置されており、その外側にストライプ状のレチクルマークRMAが四方に配置されている。レチクルマークRMBはレチクルマークRMAと同一であり、基準マークFMBは基準マークFMAと同一の形状である。

〔0055〕 このように、一对のレチクルアライメント顕微鏡43A, 43BがレチクルマークRMAの像と基準マークFMAの像、レチクルマークRMBの像と基準マークFMBの像とをそれぞれ同時に観測して、図3A及び図3Bに示すように、二次元方向に光電変換信号を検出して、主制御系30に供給し、主制御系30が、レチクルマークRMAと基準マークFMAとの位置ずれ及びレチクルマークRMBと基準マークFMBとの位置ずれ量を算出することにより、レチクルRの姿勢を検出する。主制御系30で求められたマーク相互の位置ずれ量データは、主制御系30からステージコントローラ17へと送られ、レチクルRとウエハWとが正確に位置合わせされるように、レチクルR（及び／又はウエハW）の位置及び姿勢が調整される。

〔0056〕 次に、この露光装置の動作について詳細に説明する。まず、この露光装置は、レチクルRがレチクルステージ11上に吸着保持された状態で、主制御系30がステージコントローラ17を制御してレチクルステージ11の加速度を段階的に増大又は減少させつつ、レチクルアライメント顕微鏡43A, 43

BによるレチクルRの姿勢の検出を繰り返し行うことにより、レチクルステージ11を加速又は減速させたときにレチクルRの位置ずれが生じない加速度の範囲を試行錯誤的に導出している。但し、レチクルRの位置ずれが生じない加速度の範囲を理論的計算（シミュレーション）により導出するようにしてもよい。

〔0057〕 図4は、レチクルステージ11を加速させたときにレチクルRの位置ずれが生じない加速度の範囲を求める処理の一例を示すフローチャートである。図4においては、加速度を段階的に増大させつつレチクルRの位置ずれが生じない加速度の範囲を求める処理の例について図示している。処理が開始すると、まず、主制御系30はレチクルステージ11の加速度を初期値に設定する処理を行う（ステップS10）。

〔0058〕 ここでは、加速度を段階的に増大させる場合を例に挙げて説明するため、加速度の初期値は低い値（この値は、例えばレチクルステージ11の真空吸着力及び過去の露光装置の運用の経験からレチクルRの位置ずれが生じない値が用いられる）に設定される。次に、基準マーク板40に形成された基準マークFMA、FMBを用いてレチクルRの位置合わせが行われる（ステップS11）。この処理は、例えば、レチクルアライメント顕微鏡43A、43BによってレチクルマークRMA、RMBとウエハステージ21上の基準マーク板40に形成されている基準マークFMA、FMBとを同時に観察することで、基準マークFMA、FMBとレチクルマークRMA、RMBとの位置合わせを行う。このとき、必要であればレチクルステージ駆動部18を介して、レチクルステージ11のXY平面内における回転角を調整する。なお、ステップS11ではレチクルマークRMA、RMBと基準マークFMA、FMBとの検出結果に基づき、レーザ干渉計16によって規定される座標系とレーザ干渉計22によって規定される座標系との対応関係を求めるだけでもよい。

〔0059〕 レチクルRの位置合わせが終了すると、主制御系30はステージコントローラ17に制御信号を出力し、レチクルステージ11の加速を開始する（ステップS12）。このとき、ステップS10で設定した加速度が制御信号の1つとして主制御系30からステージコントローラ17へ出力される。ステージコントローラ17は主制御系30から出力された加速度に基づいた推力がレチク

【００６０】 レチクルステージ１１を加速させた後、主制御系３０はレチクルステージ１１を低速で初期位置まで戻し、レチクルアライメント顕微鏡４３Ａ、４３Ｂを用いてレチクルＲの位置ずれを検出し（ステップＳ１３）、その検出結果を位置ずれの有無を示す情報及び検出回数を示す情報とともに記憶装置３１に記憶する（ステップＳ１４）。以上の処理が終了すると、ユーザから検出終了指示がなされているか否かを判断する（ステップＳ１５）。検出終了指示がなされている場合には処理を終了する。

【0061】 一方、ユーザから検出終了指示がなされていない場合（ステップS15の判断結果が「NO」の場合）には、ステップS13における検出結果に基づいて、レチクルRの位置ずれが有るか否かが判断される（ステップS16）。位置ずれが生じていないと判断された場合（ステップS16の判断結果が「NO」の場合）には、主制御系30は加速度をより高い値に設定し（ステップS17）、ステップS12に戻り、新たに設定した加速度でレチクルステージ11を加速させて、レチクルRの位置ずれを検出する。一方、ステップS16において、レチクルの位置ずれが有ると判断された場合（判断結果が「YES」の場合）には、主制御系30は加速度を低い値に設定し（ステップS18）、ステップS11に戻ってレチクルRの位置合わせを行って、新たに設定した加速度でレチクルステージ11を加速させて、レチクルRの位置ずれを検出する。

【００６２】 以上、図４を参照して加速度を段階的に増大させつつレチクルＲの位置ずれが生じない加速度の範囲を求める処理の例について説明したが、主制御系３０は、以上説明した処理及びレチクルステージ１１を減速させたときのレチクルＲの位置ずれを検出する処理を繰り返す行い、加速度の大きさとレチクルＲの位置ずれが生ずる頻度を統計的に求める。図５は、図４に示す処理等を行って得られた加速度の大きさとレチクルＲの位置ずれが生ずる頻度との関係の一例を示す図である。

【００６３】 図５を参照すると、加速度が大きくなるにつれレチクルＲの位置ずれが生ずる頻度が高くなるが、加速度が $\alpha 1$ 以下である場合にはレチクルＲの位置ずれは全く生じなく、加速度が $\alpha 1$ よりも大であって $\alpha 2$ 以下である場合に

は、位置ずれが生ずる頻度は低いが、位置ずれが生ずる可能性があり、加速度が $\alpha 2$ より大である場合には、殆ど位置ずれが生ずる。加速度が $\alpha 1$ 以下の範囲RE1は、レチクルステージ11を移動させたときにレチクルRの位置ずれが生じない加速度の範囲であり、加速度が $\alpha 1$ よりも大であって $\alpha 2$ 以下である範囲RE2は、位置ずれが生ずる可能性のある加速度の範囲であり、加速度が $\alpha 2$ より大である範囲RE3は、位置ずれが生ずる加速度の範囲である。主制御系30は、図4に示した処理を繰り返し行うことによって得られた検出結果に基づいてこれらの範囲を求め、記憶装置31に記憶する。

[0064] 以上、レチクルステージ11を加速させたときにレチクルRの位置ずれが生じない加速度の範囲を求める処理の一例について説明したが、レチクルステージ11を減速させたときにレチクルRの位置ずれが生じない加速度の範囲を求める場合にも同様の処理を行って試行錯誤的に導出される。このとき、レチクルステージの移動方向（例えば正方向と負方向）に応じてそれぞれ加速度の範囲を求めてもよい。また、環境変化あるいは経時変化などに起因してレチクルステージによるレチクルの保持力（吸着能力）が変動し得るので、例えば環境条件が所定値を越えて変化するとき、あるいは所定時間毎に加速度の範囲を求めるようにしてもよい。なお、レチクルを静電吸着する場合、特に湿度に応じて吸着能力が変化する。さらに、その吸着能力を検出するセンサ（本例ではレチクルを真空吸着するので、一例として真空センサ）を設け、この検出される吸着能力に応じて先に導出した加速度の範囲を変更（補正）するようにしてもよい。以上説明した加速度の範囲を導出する処理は、露光装置の起動時及びレチクルRの交換時の少なくとも一方において実施される。

[0065] 次に、露光時の一連の動作について説明する。

[0066] [第1動作例] 図6は、本発明の実施形態に係る露光装置の第1動作例を示すフローチャートである。なお、図6は説明の簡単化のために1種類のレチクルを用いてウエハを露光処理する際のフローを例示している。

[0067] 図6において、まずレチクルRをレチクルステージ11上に搬入してレチクルRを吸着保持する（ステップS20）。次に、レチクルアライメント顕微鏡43A、43BによってレチクルマークRMA、RMBとウエハステ-

ジ21上の基準マーク板40に形成されている基準マークFMA, FMBとを同時に観察することで、レチクルステージ11とウエハステージ21との相対位置調整（前述のレチクル座標系とウエハ座標系との対応付け）を行う。そして、ウエハステージ21を移動した後、ウエハアライメント顕微鏡42で基準マーク板40に形成された基準マーク41を観察することで、レチクルRの基準位置（例えば、レチクルRの中心）とウエハアライメント顕微鏡42の基準位置（例えば、指標の中心）との距離（ベースライン量）を求める。

[0068] 以上の処理を終了した後、ウエハステージ21上にウエハWを搬入し（ステップS21）、ウエハアライメント顕微鏡42を用いてウエハマークWMを計測することによりウエハWの位置情報を計測する。計測されたウエハWの位置情報を上記のベースライン量で補正し、レチクルRとウエハWとの相対位置を調整する（ステップS22）。これにより、レチクルステージ11とウエハステージ21はそれぞれウエハW上の第1ショット領域の走査露光を開始するための加速開始位置に移動される。レチクルRとウエハWとの相対位置が調整されると、主制御系30は記憶装置31に記憶されているレチクルステージ11を移動させたときにレチクルRの位置ずれが生じない加速度の範囲RE1（図5参照）を読み出し、レチクルステージ11を+Y軸方向へ移動させ、加速度がこの値以上とならないようにステージコントローラ17を介してレチクルステージ11を加速させる（ステップS23）とともに、ウエハステージ21を-Y軸方向へ加速させる。

[0069] その後、レチクルステージ11とウエハステージ21とを同期走査しつつ、パルス照明光ILをレチクルRに照射して得られるパターンの像を、投影光学系PLを介してウエハW上の第1ショット領域に転写する（ステップS24）。ウエハW上の第1ショット領域の走査露光（レチクルRのパターン像の転写）が終了した後、主制御系30はレチクルステージ11の加速度がレチクルRの位置ずれが生じない加速度の範囲を超えないように、ステージコントローラ17を介してレチクルステージ11の減速を開始する（ステップS25）とともに、ウエハステージ21の減速を開始する。

[0070] このとき、ウエハステージ21は第1ショット領域の走査露光

(第1走査露光)の終了後で、かつ走査方向(Y方向)の速度成分が零となる前に、ウエハW上の第2ショット領域の走査露光(第2走査露光)を行うために、非走査方向(X方向)への移動(ステッピング動作)が開始される。本例では、ウエハステージ21は走査方向への減速開始とほぼ同時に非走査方向への加速が開始される。さらに、ウエハステージ21はステッピング動作の終了(非走査方向の速度成分が零となる)前に走査方向への加速が開始される。一方、レチクルステージ11は第2走査露光前のウエハステージ21の走査方向への加速が終了する前に、ウエハステージ21の移動に同期して走査方向(第1走査露光とは逆向き)への加速が開始される。そして、レチクルステージ11とウエハステージ21とがそれぞれ所定の走査速度に達した後で第2走査露光が開始される。なお、ウエハステージ21とレチクルステージ11とはそれぞれ第1走査露光と第2走査露光とでその移動方向が逆向きとなる。以下、ウエハW上でレチクルRのパターンを転写すべき全てのショット領域の走査露光が終了するまで上記動作が繰り返し実行され、1枚のウエハの露光処理が終了した時点でレチクルステージ11とウエハステージ21はそれぞれ所定位置まで移動される。なお、走査露光時のレチクルステージ11及びウエハステージ21の走査速度は予め決定されているので、その走査速度に達するまでの時間が最短となるように、加減速時の各加速度を対応する加速度の範囲を越えない最大値とすることが望ましい。

【0071】 以上の処理が終了すると、露光処理を終えたウエハWをウエハステージWから搬出し(ステップS26)、露光処理を行う他のウエハの有無を判断する(ステップS27)。他のウエハが有ると判断された場合には、ステップS21へ戻り、他のウエハが無いと判断された場合には処理を終了する。

【0072】 なお、図6に示したフローにおいて、複数種類のレチクルを用いてウエハの露光処理を行う場合には、ステップS25の処理を終了した後、レチクルが交換されて新たなレチクルにてステップS22～ステップS25で示される露光処理が行われ、かかる処理がレチクルの数に相当する回数行われ、ウエハW全面に対する露光処理を終えた後、ステップS26にてウエハが搬出される。また、本例ではウエハW上の各ショット領域に形成されたパターンにレチクルRのパターンを重ねて転写するものとしたが、ウエハW上の各ショット領域に第1

層目のレチクルパターンを転写する場合でも上記と全く同様にレチクルステージ 11 の加速度を設定することが望ましい。

〔0073〕 〔第2動作例〕図7は、本発明の実施形態に係る露光装置の第2動作例を示すフローチャートである。なお、図7に示した第2動作例も図6に示した第1動作例と同様に、説明の簡単化のために1種類のレチクルを用いてウエハを露光処理する際のフローを例示している。

〔0074〕 処理が開始すると、まず主制御系30は、記憶装置31に記憶されているレチクルRの位置ずれを生じさせない加速度の範囲の上限値（図5における加速度 α_1 ）をステージコントローラ17に閾値として出力する。そして、レチクルRをレチクルステージ11上に搬入してレチクルRを吸着保持し（ステップS30）、第1動作例と同様にレチクルステージ11とウエハステージ21との相対位置調整を行った後、ベースライン量を求める。次に、ウエハステージ21上にウエハWを搬入し（ステップS31）、ウエハアライメント顕微鏡42を用いてウエハWの位置情報を計測して計測値をベースライン量で補正し、レチクルRとウエハWとの相対位置を調整する（ステップS32）。これにより、レチクルステージ11とウエハステージ21はそれぞれウエハW上の第1ショット領域の走査露光を開始するための加速開始位置に移動される。

〔0075〕 以上の処理が終了すると露光処理が行われる（ステップS33）。この露光処理はレチクルステージ11及びウエハステージ21を加速して一定速度とした後、レチクルステージ11とウエハステージ21とを同期走査しつつ、照明光をレチクルRに照射して得られるパターンの像を、投影光学系PLを介してウエハW上の第1ショット領域に転写し、上記第1動作例と全く同様にレチクルステージ11及びウエハステージ21の移動を制御して、全てのショット領域の走査露光が終了した時点で、レチクルステージ11及びウエハステージ21を減速して静止させる処理である。

〔0076〕 ここで、ステージコントローラ17は露光処理中においてレチクルステージ11の加速時及び減速時における加速度を検出しており、検出した加速度が予め主制御系30から出力された閾値以上となった場合には、その旨を示す信号を主制御系30に出力する。露光処理が終了すると、ウエハステージ21

上に載置されているウエハWが搬出される（ステップS34）。

【0077】 ウエハWの搬出が終了すると、主制御系30は露光処理中におけるレチクルステージ11の加速度が閾値を越えた旨を示す信号がステージコントローラ17から出力されているか否かを判断する（ステップS35）。出力されていない場合（ステップS35の判断結果が「NO」である場合）には、露光処理を行う他のウエハWの有無を判断し（ステップS36）、ウエハWが有る場合にはステップS31へ戻り、ウエハが無い場合には一連の露光処理が終了する。

【0078】 一方、ステップS35において、露光処理中におけるレチクルステージ11の加速度が閾値を越えた旨を示す信号がステージコントローラ17から出力されていると判断した場合（判断結果が「YES」の場合）には、ウエハステージ21とレチクルステージ11との相対位置が合う位置（ステップS32において調整を行った位置）にウエハステージ21及びレチクルステージ11を移動させた後、レチクルアライメント顕微鏡43A、43BによってレチクルマークRMA、RMBとウエハステージ21上の基準マーク板40に形成されている基準マークFMA、FMBとを同時に観察してレチクルRの位置ずれ（X軸方向への位置ずれ、Y軸方向への位置ずれ、及びXY面内における回転量）を計測する（ステップS37）。

【0079】 その後、レチクルRの位置ずれが生じているか否かを判断し（ステップS38）、位置ずれがないと判断された場合には、前述したステップS36へ進む。一方、ステップS38において、位置ずれが生じていると判断された場合には、位置ずれが生じた旨をオペレータに通知する（ステップS39）。この通知は、例えば露光装置35の処理状況を示すディスプレイ（図示省略）に位置ずれが生じた旨を示すメッセージを表示したり、警告音を発することにより行う。

【0080】 次に、オペレータから露光処理を中止する指示がなされたか否かを判断し（ステップS40）、中止指示がなされたと判断した場合には、一連の露光処理を終了する。一方、露光処理の中止指示がなされない場合には、主制御系30はステージコントローラ17を介して、ステップS37で計測されたレチクルRの位置ずれを相殺するようにレチクルの姿勢を調整し（ステップS41）、

その後ステップS36へ進む。このように、本実施形態においては、レチクルRの位置ずれが生じてもそのずれが自動的に修正されるので、一連の露光処理が中断される時間を最小限にできるため高スループットを図る上で好ましい。

【0081】 なお、上述した第2動作例では、図7のステップS41において、ステップS37で計測されたレチクルRの位置ずれを相殺するようにレチクルRの姿勢を調整するようにしたが、レチクルステージ11とウエハステージ21との相対位置調整（例えばレチクルアライメントマークと基準マークの検出など）及びベースライン計測（ステップS30参照）を再実施するようにしてもよい。また、ステップS37で計測されたレチクルRの位置ずれに基づいて、ベースライン量を補正するようにしてもよい。さらに、ステップS41ではレチクルRの姿勢を調整するものとしたが、その代わりにウエハWの姿勢を調整してもよいし、あるいはレチクルRとウエハWとの両方を相対移動してもよい。また、ステップS35でレチクルステージ11の加速度がしきい値を超えたと判断されても、露光処理を中断することなくレチクルRの位置ずれ量を求め、この位置ずれ量に基づいて走査露光時のレチクルRとウエハWとの相対位置関係を補正する、例えばベースライン量を補正する、あるいはウエハ上の各ショット領域の座標値に、上記位置ずれ量に対応したオフセットを加えるようにしてもよい。

【0082】 以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。従って、上記の実施形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含む趣旨である。

【0083】 例えば、上記実施形態においては、ステージコントローラ17がレーザ干渉系16の計測結果に基づいてレチクルステージ11の加速度を検出する場合を例に挙げて説明したが、レチクルステージ11上に加速度センサを設ける構成としても良い。また、レチクルステージ11を駆動するリニアモータに対する推力指令値を用いて当該加速度を検出するようにしても良い。

【0084】 また、上記実施形態においては、レチクルRはレチクルステージ11に真空吸着されるものと説明したが、レチクルRの吸着による撓み等を考慮して、より弱い吸着力でソフト吸着する場合や複数の支持ピン（例えば、3本）

上に単に載置する無吸着の場合もある。このようなソフト吸着あるいは無吸着の場合には、レチクルRに位置ずれが生じ易くなるので、このような場合に本発明は特に有効である。

【0085】 さらに、レチクルを真空吸着する代わりに、あるいは真空吸着と組み合わせて静電吸着を用いるようにしてもよい。また、前述の各実施形態では走査露光におけるレチクルステージ11の加減速時について説明したが、例えばレチクルRのアライメント、アライメント系42のベースライン計測、及び投影光学系の結像特性の計測時などでレチクルRを移動する、アライメント位置と露光位置（加速開始位置）との間でレチクルRを移動する、あるいはレチクルRのパターンを複数回の露光に分けてウエハ上に転写するためにレチクルRを走査方向と直交する非走査方向にステッピングさせる場合などであっても、前述した実施形態と全く同様に加速度を設定してレチクルステージ11の移動を制御してもよい。また、前述の各実施形態での露光装置は走査露光方式としたが、レチクルとウエハとをほぼ静止させてパターンを各ショット領域に転写する静止露光方式でもよい。さらに、姿勢検出装置はレチクルアライメント顕微鏡43A、43Bに限られるものではなく、例えば投影光学系PLを介してレチクルRのパターン、アライメントマークなどを検出する光学系、あるいはレチクルRの端面を鏡面加工してレーザビームを照射する干渉計など、いかなる構成でもよい。また、レチクルステージ11は走査方向に大きなストロークで移動される粗動ステージと、粗動ステージに対して相対移動可能な微動ステージとを組み合わせた構成でもよい。

【0086】 上記実施形態においては、レチクルRについて本発明を適用した場合を説明してるが、基板について適用することも勿論可能である。特に、露光装置を用いてマスク（又はレチクル）を製造する場合の露光対象としての基板（ブランク）は、支持に伴う撓み等を考慮して、上記レチクルRと同様に保持しないし支持される場合があり、このような場合に本発明を適用することは有効である。

【００８７】 上述した実施形態に係る露光装置（図１）は、スルーブットを向上しつつ高い露光精度で露光が可能となるように、照明光学系、投影光学系ＰＬ、

駆動部 18 を含むレチクルステージ 11、駆動部 23 を含むウエハステージ 21、レーザ干渉系 16、22、レチクルアライメント系、ウエハアライメント系等の図 1 に示された各要素が電氣的、機械的、又は光学的に連結して組み上げられた後、総合調整（電氣調整、動作確認等）をすることにより製造される。露光装置の製造は、温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0088】 本発明の実施形態に係る露光装置を用いてデバイス（IC や LSI 等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）を生産するには、まず、設計ステップにおいて、デバイスの機能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、マスク製作ステップにおいて、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ウエハ製造ステップにおいて、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

【0089】 次に、ウエハプロセスステップにおいて、上記ステップで用意したマスクとウエハを使用して、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、組立ステップにおいて、ウエハプロセスステップにおいて処理されたウエハを用いてチップ化する。この組立ステップには、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程が含まれる。最後に、検査ステップにおいて、組立ステップで作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【0090】 なお、上述した実施形態では、レチクルと基板とを同期移動してマスクのパターンを逐次転写する走査型の露光装置を一例として説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、順次ステップ移動させつつ、マスクと基板とを静止させた状態で一括露光する静止型の露光装置にも適用することができる。また、露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、液晶表示素子やプラズマディスプレイ等を含むディスプレイ装置、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD）、マスク（レチクル）、DNAチップ、更には携帯電話や家庭用ゲーム機などで使用されるパイプレータ（振動子）等の製造に

用いられる露光装置に対しても適用することができる。

〔0091〕 本実施形態の露光装置の光源は、 g 線（波長436nm）や i 線（波長365nm）等の輝線、KrFエキシマレーザ（波長248nm）、ArFエキシマレーザ（波長193nm）、F₂レーザ（波長157nm）、Ar₂レーザ（波長126nm）のみならず、金属蒸気レーザ又はYAGレーザなどの高調波などを用いることができる。また、DFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザを、例えばエルビウム（又はエルビウムとイットリビウムの両方）がドーブされたファイバーアンプで増幅し、更に非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いてもよい。

〔0092〕 例えば、単一波長レーザの発振波長を1.51～1.59 μ mの範囲内とすると、発生波長が189～199nmの範囲内である8倍高調波、又は発生波長が151～159nmの範囲内である10倍高調波が出力される。特に発振波長を1.544～1.553 μ mの範囲内とすると、193～194nmの範囲内の8倍高調波、即ちArFエキシマレーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を1.57～1.58 μ mの範囲内とすると、157～158nmの範囲内の10倍高調波、即ちF₂レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。

〔0093〕 また、発振波長を1.03～1.12 μ mの範囲内とすると、発生波長が147～160nmの範囲内である7倍高調波が出力され、特に発振波長を1.099～1.106 μ mの範囲内とすると、発生波長が157～158 μ mの範囲内の7倍高調波、即ちF₂レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。なお、単一波長発振レーザとしてはイットリビウム・ドーブ・ファイバーレーザを用いる。

〔0094〕 更に、照明光は前述の遠紫外域、又は真空紫外域（波長120～200nm）に限られるものではなく、レーザプラズマ光源、又はSORから発生する軟X線領域（波長5～15nm程度）、例えば波長13.4nm、又は1.5nmのEUV（Extreme Ultra Violet）光であつてもよいし、あるいは硬X線領域（波長1nm程度以下）であつてもよい。なお、

EUV露光装置では反射型レチクル（マスク）が用いられるとともに、投影光学系は像面側のみがテレセントリックな縮小系であって、かつ複数枚（3～6枚程度）の反射光学素子のみからなる反射系である。

〔0095〕 また、上述した実施形態では、投影光学系PLは縮小系としたが、等倍系又は拡大系であってもよく、投影光学系PLは複数の屈折素子のみからなる屈折系、複数の反射素子のみからなる反射系、及び屈折素子と反射素子からなる反射屈折系のいずれであってもよい。

〔0096〕 ウエハステージやレチクルステージにリニアモータを用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型及びローレンツ力又はリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでもよいし、ガイドを設けないガイドレスタイプでもよい。ステージの駆動装置としては、2次元に磁石を配置した磁石ユニットと、2次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力によりステージを駆動する平面モータを用いてもよい。

〔0097〕 ウエハステージの移動により発生する反力は、特開平8-166475号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。レチクルステージの移動により発生する反力は、特開平8-330224号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。

〔0098〕 なお、上述した実施形態では、ステージの移動に伴いレチクル又は基板に位置ずれが生じた場合にはその位置ずれを計測して該レチクル又は基板の姿勢を調整するようにしているが、レチクル又は基板の姿勢の計測を行わずに以下のようにしてもよい。即ち、レチクル又は基板を保持して移動するステージの加減速によって該レチクル又は基板に生じる位置ずれを、試行錯誤的に、あるいは理論的に求めて、ステージと加速度との関係を示す位置ずれ情報を、記憶装置に予め記憶しておく。次いで、ステージ移動時に、ステージの加速度を計測して、そのときの加速度に対応する位置ずれ情報を該記憶装置から抽出する。この抽出した位置ずれ情報に基づいて、該レチクル又は基板の姿勢を調整する。レチクル又は基板の姿勢の計測が不要になるので、処理の高速化を図ることが可能で

ある。

〔0099〕 以上のように本発明によれば、マスク又は基板の移動に伴う位置ずれを生じさせずに高スループットで露光できるようになり、マイクロデバイス等の生産性を向上することができる。

〔0100〕 また、マスク又は基板の移動に伴う位置ずれが生じた場合であっても、これをオペレータに通知し、あるいは位置ずれを自動修復して露光処理を継続するようにしたので、位置ずれのある状態で露光処理が継続されることが防止され、不良品を生じさせることが少なくなる。

〔0101〕 本開示は2000年12月22日に提出された日本国特許出願第2000-390183号及び2001年12月20日に提出された日本国特許出願第2001-388574号に含まれた主題に関連し、その開示の全てはここに参照事項として明白に組み込まれる。

CLAIMS

1. パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光装置において、

前記マスクを保持して移動するステージと、

前記ステージの加速度に関連する情報を検出する加速度検出装置と、

前記加速度検出装置により検出される情報に基づく前記ステージの加速度が、予め求められた前記マスクに位置ずれが生じない前記ステージの加速度の範囲内となるように、前記ステージの移動を制御する制御装置と、

を備えた露光装置。

2. パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光装置において、

前記マスクを保持して移動するステージと、

前記ステージの加速度に関連する情報を検出する加速度検出装置と、

前記ステージ上の前記マスクの姿勢を検出する姿勢検出装置と、

前記加速度検出装置により検出された情報に基づく前記ステージの加速度が、予め求められた前記マスクに位置ずれが生じない前記ステージの加速度の範囲外となった場合に、前記姿勢検出装置による検出を実施し、該マスクに位置ずれが生じたと判断した場合に、その旨をオペレータに通知する処理を行う制御装置と、
を備えた露光装置。

3. 前記マスクと前記基板との相対位置関係を調整する姿勢調整装置をさらに備え、

前記制御装置が前記マスクに位置ずれが生じたと判断した場合に、前記姿勢調整装置により該位置ずれを相殺するように前記マスクと前記基板との相対位置関係を調整するようにした請求項2に記載の露光装置。

4. 前記加速度の範囲を、前記ステージの加速度を段階的に増大又は減少させつつ、前記マスクの位置ずれの検出を繰り返し行うことにより試行錯誤的に導出するようにした請求項1又は2に記載の露光装置。

5. 前記加速度の範囲の導出を、前記露光装置の起動時及び前記マスクの交換時の少なくとも一方において実施するようにした請求項4に記載の露光装置。

6. 前記ステージの前記加速度の範囲が記憶される記憶装置をさらに備えた請求項1又は2に記載の露光装置。

7. 前記ステージによる前記マスクの吸着能力に関する情報を検出するセンサを更に備え、

前記制御装置は、前記検出された情報に従って前記加速度の範囲を変更するようにした請求項1又は2に記載の露光装置。

8. パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光方法において、

前記マスク又は前記基板を保持して移動するステージの加減速によって該マスク又は該基板に位置ずれが生じない該ステージの加速度の範囲を予め求めておき、

前記加速度の範囲内で前記ステージの移動を制御しながら露光するようにした露光方法。

9. パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光方法において、

前記マスク又は前記基板を保持して移動するステージの加減速によって該マスク又は該基板に位置ずれが生じない該ステージの加速度の範囲を予め求めておき、

前記ステージの加速度に関連する情報を検出して該情報に基づく該ステージの加速度が前記加速度の範囲外となった場合に前記マスク又は前記基板の位置ずれの有無を検出し、

前記マスク又は前記基板に位置ずれが生じていると判断した場合に、該位置ずれを相殺するように該マスクと該基板との相対位置関係を調整するようにした露光方法。

10. 前記マスク又は前記基板に位置ずれが生じていると判断した場合に、その旨をオペレータに通知する処理を行うようにした請求項9に記載の露光方法。

11. 前記ステージによる前記マスクの吸着能力に関する情報を検出

し、

前記検出された情報に従って前記加速度の範囲を変更するようにした請求項8又は9に記載の露光方法。

12. パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光装置において、

前記マスクを保持して移動するステージと、

前記ステージの加速度に関連する情報を検出する加速度検出装置と、

前記マスクと前記基板との相対位置関係を調整する姿勢調整装置と、

前記ステージの前記加速度と前記マスクの位置ずれとの関係を示す位置ずれ情報が予め求められて記憶された記憶装置と、

前記加速度検出装置により検出された情報に基づく前記ステージの加速度に対応する位置ずれ情報を前記記憶装置から抽出し、前記姿勢調整装置により当該位置ずれを相殺するように前記マスクと前記基板との相対位置関係を調整する制御装置と

を備えた露光装置。

13. パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光方法において、

前記マスク又は前記基板を保持して移動するステージの加減速によって該マスク又は該基板に生じる位置ずれを示す位置ずれ情報を該加速度との関係において予め求めておき、

前記ステージの加速度を検出し、検出された情報に基づく該ステージの加速度に対応する位置ずれ情報に基づいて、当該位置ずれを相殺するように前記マスクと前記基板との相対位置関係を調整して露光するようにした露光方法。

14. パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光装置において、

前記マスクを保持するステージと、

前記ステージの加速度に関連する情報を検出する検出装置と、

前記検出された情報に応じて前記露光時における前記マスクと前記基板との相対位置関係を調整する調整装置とを備える露光装置。

15. パターンが形成されたマスクを介して基板を露光する露光装置
において、

前記マスクを保持するステージと、

前記ステージの加速度に関連する情報を検出する検出装置と、

前記ステージの移動によって前記マスクの位置ずれが生じたとき、前記検出された情報に基づいて前記位置ずれに起因して生じる露光エラーの回復動作と前記露光エラーの通知との少なくとも一方を実行する制御装置とを備える露光装置。

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

レチクルステージはレチクルを保持して移動し、ステージコントローラはレーザ干渉系の検出結果に基づいてレチクルステージの加速度を検出し、主制御系はレチクルステージによって検出される加速度が予め求められたレチクルに位置ずれが生じないレチクルステージの加速度の範囲内となるようにレチクルステージの移動を制御し、レチクルとウエハとを同期移動しつつレチクルに形成されたパターンの像を、投影光学系を介してウエハに転写する。